

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 5 日現在

機関番号：11201

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21780019

研究課題名（和文）ブルーベリー果実の発育における植物生長調節物質の役割に関する研究

研究課題名（英文） The study on roles of plant growth regulators on fruit growth in blueberry

研究代表者

渡邊 学（WATANABE MANABU）

岩手大学・農学部・助教

研究者番号：00361048

研究成果の概要（和文）：本研究では、ブルーベリー果実の発育過程における果実中の IAA や ABA 量およびエチレン生成量の動態を調査した。その結果、ブルーベリー果実の成熟には ABA とエチレンの両方が必要であり、着色開始前にエチレン生成量が増加し、それが引き金となり、ABA 含量の増加と成熟を促進することが示唆された。このとき、ABA は果皮の着色よりも果実硬度および Brix% の変化と関連することが示唆された。

研究成果の概要（英文）：We investigated the changes of IAA, ABA concentration and ethylene evolution during fruit growth in blueberry fruits. Our results indicated that both of ABA and ethylene were need for maturation in blueberry fruit. And ethylene evolution increased at the onset of maturation, subsequently ethylene promoted increasing ABA concentration and maturation. ABA was related to the changes of fruit firmness and Brix% rather than that of fruit coloration.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2010 年度	700,000	210,000	910,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・園芸学・造園学

キーワード：アブシジン酸，エチレン，成熟，ブルーベリー

## 1. 研究開始当初の背景

ブルーベリーは、ひとつの品種や1本の樹であっても開花期間、収穫期間ともに3～4週間に渡る。また、果実の成熟判断は、果実の果梗着生部の果皮が濃青色に色づくことを確認して行う。さらに、ブルーベリーの果実重は2g前後であり、他の果樹種と比較して、かなり小さい。このような果実の生育特性がブルーベリーの栽培管理における収穫作業の割合を高める原因となっている。これ

らに対する栽培学的対応として、せん定時における花芽の除去、摘花・摘果、人工受粉、ジベレリンやサイトカイニン、エチレン等の植物生長調節剤処理が、果実の肥大や成熟の促進に対し、ある程度の効果を示すことが認められているが、収穫作業の長期化・煩雑化という問題を解決するまでには至っていない。

ブルーベリーは、ひとつの果房に複数の果実を付け、また、個々の果実や果房で生育ス

テージが不揃いである。これらが、栽培技術によるブルーベリー果実の発育調節を困難にしている要因であると考えられる。そこで、申請者は、ブルーベリー果実の発育生理を効率的に理解するためには、果実間の養分競合を排除した条件下で、単一の果実のみを対象とした調査と、同一果房内の複数の果実を対象とした調査に分けて解析する必要があると考えた。

果実の発育を調節する要因として、植物生長調節物質がある。ブルーベリーでは、植物生長調節物質の散布処理による果実の発育調節の試みは多く報告されているが、果実の発育生理と内生生長調節物質の関係についての情報は少ない。果樹では、成熟にエチレン生成量の増加が伴うクライマクテリック型果実とエチレン生成量の増加を伴わない非クライマクテリック型果実とがある。ブルーベリーについては、クライマクテリック型果実であると結論付ける報告が多いが、非クライマクテリック型果実であるとする報告もあり、現在でも統一した見解は得られていない。申請者は、予備調査でブルーベリー果実の成熟には内生アブシジン酸 (ABA) が関与することを示唆する結果を得ている。ブドウのような非クライマクテリック型果実では、ABA 含量の増加が成熟の引き金になっていると推察する報告もある。また、ニホンナシでは、品種によって両タイプに分かれることが知られている。しかし、ブルーベリーでは、果実の成熟と内生 ABA 量の関係を調査した報告はなく、また、多数の品種を用い、成熟時のエチレン生成量と内生 ABA の品種間差を調べた試みはない。

## 2. 研究の目的

本研究では、ブルーベリー果実の発育過程における果実中のインドール酢酸 (IAA) や ABA 量およびエチレン生成量の動態を明らかにする。また、果実に対する ABA とエチレン処理が成熟や内生生長調節物質に及ぼす影響を調査することで、ブルーベリーがクライマクテリック型果実であるか、または非クライマクテリック型果実であるのかを明らかにする。さらに、これらの品種間差についても把握する。

## 3. 研究の方法

(1) ブルーベリー果実の発育における果実中の IAA, ABA 量およびエチレン生成量の変化

岩手大学農学部附属寒冷フィールドサイエンス教育研究センター滝沢農場に植栽されている成木のハイブッシュブルーベリー 'Berkeley' 4 樹を供試した。ほぼすべて落花した 6 月 8 日に、結果枝の先端部に着生し

ている果房について、最大果のみを残し、他の果実は摘果した。6 月 8 日～7 月 21 日まで 3, 4 日ごとに果実を採取した。果実重を計測後、果汁を採取し、Brix%と果汁 pH を測定した。また、果実横断面における果肉の細胞数と細胞径および果実中の種子の大きさを計測した。成熟ステージは果皮の着色程度により 6 段階で評価し、未着色果実を 1 とし成熟果を 6 とした。IAA と ABA 含量は GC-MS で測定した。エチレン生成量は、果実をガラス容器に入れ密閉し、約 6 時間後にガラス容器内のガス試料を GC で測定した。

(2) ブルーベリーの果房内で大きさの異なる果実の発育における IAA, ABA 含量およびエチレン生成量の変化

同上に植栽されている成木のハイブッシュブルーベリー 'Berkeley' を供試した。果房内の小花がほぼすべて落花した 6 月 11 日～8 月 2 日まで 3, 4 日ごとに果房を採取し、果房内の大粒果と小粒果を 2 個ずつ選び調査果とした。果実重を計測後、着色ステージを果皮の着色程度により 6 段階で評価した。一部の果実は凍結保存し、果実品質および IAA と ABA 含量の分析試料とした。果実品質は果汁を採取し、Brix%を測定した。IAA と ABA 含量は GC-MS で測定した。エチレンと CO<sub>2</sub> 生成量は、果実をガラス容器に入れ密閉し、約 6 時間後にガラス容器内のガス試料を GC で測定した。

(3) ブルーベリー果実の成熟における ABA 含量、エチレン生成量および呼吸量の変化

同上に植栽されている成木のハイブッシュブルーベリー 'Eariblu', 'Berkeley' および 'Jersey' 各 4 樹を供試した。各品種について、成熟ステージごとに果実を採取した。果実の成熟ステージは、果実全体がグリーン (G)、がくのみがピンクで残りがライトグリーン (GP)、果実の約半分がピンクで残りがライトグリーン (PG)、果実の約半分がブルーで残りがピンク (BP)、果実のほとんどがブルー (B) および果実全体がブルー (R) の 6 段階に分類した。果実重と果実硬度を計測後、果汁を採取し、Brix%と果汁 pH を測定した。エチレンと CO<sub>2</sub> 生成量は、果実をガラス容器に入れ密閉し、約 6 時間後にガラス容器内のガス試料を GC で測定した。ABA 含量は GC-MS で測定した。

(4) ブルーベリー果実の成熟における ABA およびエチレンの相互作用

① ABA およびエチレン処理の影響：同上に植栽されている成木のハイブッシュブルーベ

リー‘Jersey’4樹を供試した。処理区はABA 30mg/L, エテホン 200mg/L および無処理区の計3区設けた。2010年7月14日に着色開始前の果実を各処理区ごと200果選びラベルを付け、その直後に散布処理した。処理3~5日おきに果実を採取し、果実重と果実硬度を計測後、果汁のBrix%と果汁pHを測定した。エチレンとCO<sub>2</sub>生成量は果実をガラス容器に入れ密閉し、約6時間後にガラス容器内のガス試料をGCで測定した。ABA含量はGC-MS-SIMで測定した。

②AVG処理の影響:実験1と同樹を供試した。処理区はAVG 150mg/L および無処理区の計2区設けた。散布処理は実験1と同様の方法で2011年7月15日に行った。果実品質, ABA含量, エチレン生成量およびCO<sub>2</sub>生成量も実験1と同様の方法で測定した。

(5) ブルーベリー果実の成熟に対する植物生長調節剤の影響

同上に植栽されている成木のハイブッシュブルーベリー‘Berkeley’および‘Jersey’4樹を供試した。処理区はエスレル+NDGA, AVG+ABA, エスレル+ABA および無処理区の計4区を設けた。2011年7月14日に着色開始前の果実を各処理区ごと選びラベルを付け、その直後に散布処理した。処理3, 4日おきに果実を採取し、果実重と果汁のBrix%と果汁pHを測定した。

(6) ブルーベリー果実の成熟期における可溶性固形物含量および硬度の変化の品種間差

同上に植栽されている成木のハイブッシュブルーベリー早生品種‘Earliblue’, ‘Duke’ および‘Spartan’, 中生品種‘Bluecrop’, ‘Berkeley’ および‘Sierra’, 晩生品種‘Jersey’, ‘Darrow’ および‘Lateblue’を供試した。各品種において, G期初期(EG期), G期後期(LG期), GP期, PG期, BP期, B期, R期の果実を採取し, 果実硬度と果汁のBrix%を調査した。

#### 4. 研究成果

(1) ブルーベリー果実の発育における果実中の IAA, ABA 量およびエチレン生成量の変化

果実重は7月13日まで緩やかに増加し, その後, 急激に増加した。果実半径あたりの果肉の細胞数は, 調査期間中, 約70~80個でほとんど変化はなく, 調査開始時にはすでに細胞分裂の盛んな時期は終了していたと考えられた。細胞径は果実重と同様の变化を示した。果皮の着色は7月13日までみられ

なかったが, 7月17日では成熟ステージは2.4になり, その4日後には果実全体が青紫色に着色し, 成熟期に達した。Brix%は7月13日~成熟期まで, 果汁pHは7月17~成熟期まで急増した。IAA含量は6月17日~6月26日にかけて急増し, その後, 成熟期まで徐々に減少した。種子の肥大は, 6月17日~6月22日にかけて最も盛んであり, IAA含量の増加時期と一致していた。ABA含量は7月9日まで低いレベルで推移し, 果実重とBrix%の急増期および果実の着色開始期の4日前である7月13日から急増し, 成熟期の4日前に最大値を示し, その後, 成熟期まで減少した。エチレン生成量もABA含量と同時期に増加し始めたが, 7月13日までの増加量は小さく, それ以降に急増し, 成熟期の4日前に最大値を示した。その後, 成熟期まで減少した。このように, ABA含量とエチレン生成量は成熟に伴い増加したが, ABA含量の急増時期はエチレン生成量のそれよりも早く, また果実品質が急変する時期よりも早かった。このことから, ブルーベリーの成熟にはABAとエチレンが関与することが示唆された。

(2) ブルーベリーの果房内で大きさの異なる果実の発育における IAA, ABA 含量およびエチレン生成量の変化

果実重は大粒果では7月8日まで緩やかに増加し, それ以降, 急増した。小粒果では6月18日まで変化は小さく, その後, 7月23日まで緩やかに増加し, それ以降, 急増した。収穫日は大粒果では7月19日, 小粒果では8月2日で, 収穫果の果実重は大粒果では約2.9g, 小粒果では約1.9gであった。着色開始は大粒果では7月12日, 小粒果では7月26日で, どちらも収穫日の7日前であった。Brix%は大粒果では7月8日, 小粒果では7月19日以降に急増し, 収穫果のBrix%は大粒果では約11.3%, 小粒果では12.7%であった。小粒果の IAA 含量とエチレン生成量は, 落花後の6月11日に最高値を示し, その後, 急激に減少した。これらを除き, IAA 含量は大粒果では7月5日, 小粒果では7月8日にピークを示し, その値は大粒果で高かった。その後, 収穫日まで減少した。ABA 含量は結実後または落花後, 低い値で推移し, 大粒果と小粒果ともに Brix%の増加と同時に増加し, その値は小粒果で高かった。その後, 収穫直前にやや減少した。エチレン生成量は, 生育中期以降, 大粒果では2回, 小粒果では3回のピークがみられた。大粒果では最後のピークが, 小粒果では最初のピークが最も高かった。大粒果と小粒果ともに最初のピークは Brix%の増加よりも早く, 最後のピークは着色開始とほぼ一致した。CO<sub>2</sub>生成量はエチレン生成量とほぼ同じ変化を示した。このように,

果房内の大粒果と小粒果のどちらにおいても、生育中期に一度エチレン生成量が増加し、その後、IAA 含量がピークを示し、IAA 含量が減少し始める時期にABA 含量が増加することが明らかになった。

### (3) ブルーベリー果実の成熟における ABA 含量、エチレン生成量および呼吸量の変化

いずれの品種においても、成熟期における ABA 含量の変化はエチレン生成量のそれと同様であった。ABA 含量の最大値は、‘Earliblue’では BP 期、‘Berkeley’では GP 期、‘Jersey’では B 期でみられ、エチレン生成量の最大値は、‘Earliblue’では PG 期、‘Berkeley’では GP 期、‘Jersey’では BP または B 期でみられた。このように、ABA 含量の最大値はエチレン生成量のそれと同時期か少し遅くでみられたが、その時期は各品種で異なり、果皮の着色程度と ABA およびエチレンの関係は判然としなかった。

‘Jersey’の ABA 含量、エチレンおよび CO<sub>2</sub> 生成量は、いずれも ‘Earliblue’ および ‘Berkeley’ よりも低く推移した。CO<sub>2</sub> 生成量は、‘Earliblue’ と ‘Jersey’ ではエチレン生成量と同様の変化を示したが、‘Berkeley’では CO<sub>2</sub> 生成量の最大値は BP 期でみられたのに対し、エチレン生成量のそれは GP 期であった。果実硬度と Brix% が大きく変化する時期は、‘Earliblue’ と ‘Berkeley’では着色始めの GP 期以降であったが、‘Jersey’では着色の進んだ BP 期以降であった。しかし、どの品種においても、ABA 含量とエチレン生成量の増加時期に果実硬度は低下し、Brix%は増加した。果汁 pH は、いずれの品種でも B~R 期にかけて急に高くなった。このように、ブルーベリー果実の成熟期において ABA 含量はエチレン生成量と同様の変化を示すことが明らかとなり、また、ABA は果皮の着色よりも果実硬度および Brix% の変化と関連することが示唆された。

### (4) ブルーベリー果実の成熟における ABA およびエチレンの相互作用

① ABA およびエテホン処理の影響：ABA 含量およびエチレン生成量はエテホン処理 3 日目に無処理区よりも増加し、7 日目には CO<sub>2</sub> 生成量も増加した。収穫日は無処理区よりも 9 日早まった。また、エテホン処理 3 日目に果実硬度は無処理区よりも低下し、Brix%は増加した。ABA 処理区ではエテホン処理区と同様に、処理 3 日目に ABA 含量が無処理区よりも増加したが、エチレン生成量と CO<sub>2</sub> 生成量の増加はみられなかった。果実硬度と Brix% も ABA 処理の影響はみられなかった。

② AVG 処理の影響：ABA 含量とエチレン生成

量は処理 7 日目に無処理区で増加したが、AVG 処理区では変化は小さく、無処理区よりも低い値を示した。CO<sub>2</sub> 生成量は AVG 処理の影響はみられなかったが、収穫日は無処理区よりも 3 日遅延した。果実硬度の低下と Brix% の増加は、無処理区では処理 7 日目にみられたが、AVG 処理区では処理 10 日目であった。これらの結果から、エチレンが ABA 含量の増加と成熟を促進すること、ABA はエチレン生成量の増加を誘導せず、ABA の増加のみでは成熟を促進できないことが明らかとなり、ブルーベリー果実では着色開始前にエチレン生成量が増加し、それが引き金となり、ABA 含量の増加と成熟を促進することが示唆された。

### (5) ブルーベリー果実の成熟に対する植物生長調節剤の影響

果実の累積収穫率は、両品種において、いずれの処理区でも無処理区より高く、またはほぼ同じで推移した。‘Berkeley’では 7 月 12~20 日まで、‘Jersey’では 7 月 20~25 日までエスレル+ABA 区で最も高かった。エスレル+NDGA 区で次に高く推移した。AVG+ABA 区では、‘Berkeley’において 7 月 20 日までは無処理区と同様に推移し、その後、無処理区よりも高く推移した。‘Jersey’において常に無処理区よりも高く推移した。以上の結果、エチレンは成熟促進効果が高く、ABA は単独では成熟促進効果は低いが、エチレン存在下では成熟促進効果を示すことが示唆され、ブルーベリー果実の成熟にはエチレンと ABA の両方が必要であることが推察された。

### (6) ブルーベリー果実の成熟期における可溶性固形物含量および硬度の変化の品種間差

果実硬度は、‘Earliblue’では LG~R 期まで、‘Berkeley’では EG~R 期までほぼ直線的に減少した一方、‘Bluecrop’、‘Sierra’、‘Jersey’および ‘Darrow’では、果実硬度は EG~GP 期までは減少し、GP~PG 期にかけて変化はみられず、その後、再び減少した。Brix%はいずれの品種においても B~R 期にかけて急増した。‘Earliblue’、‘Bluecrop’および ‘Darrow’では、EG~B 期まではほぼ直線的に増加したが、‘Spartan’、‘Sierra’および ‘Lateblue’では EG~GP 期まで増加し、GP~B 期までの変化は小さかった。

‘Jersey’では、EG~GP 期までは変化が小さく、GP~BP 期まで急増し、再び BP~B 期までは変化が小さかった。このようにブルーベリーでは果皮の着色程度と果実硬度および Brix% の関係は品種により異なることが明らかになった。これは着色の変化だけでは果実の成熟程度を把握することはできないこと

を示している.

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計4件)

- ①後藤領太・渡邊 学・村上政伸・佐川 了・壽松木 章, ブルーベリー果実の成熟における ABA およびエチレンの相互作用, 園芸学会平成 24 年度春季大会, 2012. 3. 29, 大阪府立大学 (大阪府)
- ②渡邊 学・村上政伸・後藤領太・佐川 了・壽松木 章, ブルーベリーの果房内で大きさの異なる果実の発育における IAA, ABA 含量およびエチレン生成量の変化, 園芸学会平成 23 年度秋季大会, 2011. 9. 26, 岡山大学 (岡山県)
- ③後藤領太・渡邊 学・村上政伸・佐川 了・壽松木 章, ブルーベリー果実の成熟における ABA 含量, エチレン生成量および呼吸量の変化, 園芸学会平成 23 年度春季大会, 2011. 3. 1, 宇都宮大学 (栃木県)
- ④渡邊 学・村上政伸・後藤領太・佐川 了・壽松木 章, ブルーベリー果実の発育における果実中の IAA, ABA 量およびエチレン生成量の変化, 園芸学会平成 22 年度秋季大会, 2010. 9. 20, 大分大学 (大分県)

[その他]

- ①渡邊 学, ブルーベリーにおける高品質果実の安定生産の開発～果実の発育生理とウイルス病～, 平成 21 年度園芸学会第 3 回小果樹研究会小集会, 2009. 9. 25, 秋田大学 (秋田県)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

渡邊 学 (WATANABE MANABU)

岩手大学・農学部・助教

研究者番号: 00361048